

## ОТЗЫВ

официального рецензента на диссертационную работу Абжапбарова Абая Акилбековича на тему: «Гидродинамика, тепломассообмен и пылеулавливание в однозонных и двухзонных комбинированных газоочистных аппаратах», представленную на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 8D07180 – Технологические машины и оборудование

№п /п	Критерии	Соответствие критериям (необходимо отметить один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента
1.	Тема диссертации (на дату ее утверждения) соответствует направлениям развития науки и/или государственным программам	1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам 1) Диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы) 2) Диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы) 3) Диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление)	Тема диссертационной работы «Гидродинамика, тепломассообмен и пылеулавливание в однозонных и двухзонных комбинированных газоочистных аппаратах» (утверждена 24.12.2020г.), выполненная в НАО Южно-Казахстанский университет им.М.Ауэзова соответствует приоритетному направлению науки 2.«Рациональное использование водных ресурсов, животного и растительного мира, экология», по специализированному научному направлению 2.3 Системы очистки сточных вод, газоочистки и пылеулавливания, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан.
2	Важность для науки	Работа <u>вносит</u> существенный вклад в науку, а ее важность хорошо <u>раскрыта</u> .	Диссертационная работа, выполненная Абжапбаровым А.А. вносит существенный вклад в развитие технической науки, а важность диссертационного исследования хорошо раскрыта автором. На основе проведенного анализа известных механизмов, позволяющих интенсифицировать проводимые процессы, автором предложена классификация одноступенчатых и двухступенчатых тепломассообменных и пылеулавливающих аппаратов. Данная классификация способствовала разработке новых конструкций аппаратов с двухсторонним подводом газового потока, двухступенчатых аппаратов ударно-вихревого и центробежно-вихревого действия. В работе получены расчетные

			<p>зависимости, позволяющие определить основные гидродинамические характеристики, параметры теплообмена и пылеулавливания созданных конструкций теплообменных и пылеулавливающих аппаратов.</p> <p>Основные результаты, полученные в процессе исследований, опубликованы в материалах международных конференций (17 статей), научных журналах, рекомендованных КОКСНВО МН и ВО РК (2 статьи) и 2 статьи в журналах, входящих в базу данных Скопус.</p>
3.	Принцип самостоятельности и	<p>Уровень самостоятельности:</p> <p>1) <u>Высокий</u></p>	<p>Диссертантом самостоятельно выполнен анализ известных конструкций аппаратов для проведения процессов теплообмена и пылеулавливания, а также методов их расчета, выполнена постановка задач.</p> <p>Разработаны новые конструкции газоочистных аппаратов.</p> <p>Выполнен комплекс лабораторных исследований гидродинамических характеристик, параметров теплообмена и пылеулавливания и получены основные расчетные зависимости.</p> <p>Разработаны рекомендации по проектированию и эксплуатации предложенных аппаратов, проведена проверка полученных результатов в опытно-промышленных условиях и внедрение в промышленности.</p> <p>Автором самостоятельно решены поставленные задачи и проявлено умение решать их для достижения цели.</p>
4.	Принцип внутреннего единства	<p>4.1 Обоснование актуальности диссертации:</p> <p>1) <u>Обоснована</u></p>	<p>В предлагаемой диссертации автором проведены исследования оборудования, имеющего широкое применение в процессах теплообмена и пылеулавливания. При этом разработанные конструкции исключают недостатки, которые имели существующие в настоящее время аппараты.</p> <p>В связи с этим актуальность диссертации представляется обоснованной. Она полностью</p>

		соответствует специализированному научному направлению «Системы очистки сточных вод, газоочистки и пылеулавливания.
	4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: 1) <u>Отражает</u>	Содержание диссертации полностью отражает тему диссертационных исследований. Проведен критический анализ имеющихся материалов по известным конструкциям газоочистных аппаратов и используемых в них механизмах взаимодействия потоков, что позволило разработать новые конструкции однозонных и двухзонных комбинированных газоочистных аппаратов. Проведены исследования основных гидродинамических характеристик, параметров теплообмена и пылеулавливания, получены расчетные зависимости для их расчета. На основе полученных методик расчета и рекомендаций по проектированию и эксплуатации созданы промышленные образцы газоочистных аппаратов, которые внедрены в промышленности.
	4.3 Цель и задачи соответствуют теме диссертации: 1) <u>соответствуют</u>	В диссертационной работе цели и поставленные задачи соответствуют теме диссертации. Они были направлены на разработку одноступенчатых и двухступенчатых (однозонных и двухзонных) аппаратов, с двухсторонним подводом газового потока, ударно-вихревого и циклонно-вихревого действия, экспериментальное исследование гидродинамических характеристик, теплообмена и пылеулавливания, создание научно-обоснованных методов расчета, рекомендаций по эксплуатации и проектированию, проверке полученных результатов в опытно-промышленных условиях и внедрение в промышленности.
	4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: 1) <u>полностью взаимосвязаны</u>	Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны. Исходя из предложенной классификации одноступенчатых и двухступенчатых теплообменных и

			<p>пылеулавливающих аппаратов, созданы новые конструкции газоочистных аппаратов, защищенные патентами РК. Для данных аппаратов проведены исследования гидродинамических характеристик, тепломассообмена и пылеулавливания, обобщенные в методиках расчета, разработаны рекомендации по проектированию промышленных аппаратов. Двухступенчатые аппараты ударно-вихревого и циклонно-вихревого действия прошли промышленную апробацию и внедрены на различных производствах АО «Актюбинский завод хромовых соединений».</p>
		<p>4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями: 1) <u>критический анализ- есть</u></p>	<p>Разработанные диссертантом конструкции тепломассообменных и пылеулавливающих аппаратов - одноступенчатого аппарата с двухсторонним подводом газового потока (патент РК на полезную модель №1431), двухступенчатых аппаратов ударно-вихревого (патент РК №35809) и циклонно-вихревого (патент РК №33662) действия сопоставлены с аналогами и прототипами.</p> <p>При проведении экспериментальных исследований аппарата с двухсторонним подводом газового потока результаты сопоставлялись с данными, полученными для аппарата с односторонним подводом газового потока. Результаты исследований гидродинамических характеристик, тепломассообмена и пылеулавливания вихревых ступеней контакта двухступенчатых аппаратов ударно-вихревого (трубчатая насадка) и циклонно-вихревого действия (пластинчатая насадка) сопоставлены между собой и с другими видами регулярной насадки. При этом имеется критический анализ.</p> <p>Результаты проведения промышленных испытаний внедренных аппаратов сопоставлены с данными, полученными для замененных аппаратов, и критически оценены.</p>
5.	Принцип научной	5.1 Научные результаты и	В диссертационной работе основные

	<p>новизны</p>	<p>положения являются новыми?  1) <u>полностью новые</u></p>	<p>исследования проведены для аппаратов новых конструкций, защищенных патентами РК. При этом использовались апробированные методики и приборы, прошедшие поверку.</p> <p>Новизной классификации одноступенчатых и двухступенчатых теплообменных и пылеулавливающих аппаратов является указание на возможность сочетания известных механизмов взаимодействия потоков.</p> <p>В работе получены уравнения для расчета гидродинамических характеристик, теплообмена и пылеулавливания аппаратов новой конструкции. Эти уравнения получены исходя из установленных закономерностей взаимодействия вихрей, законов гидродинамики, массо- и теплопереноса. Они адекватно описывают полученные результаты исследований и сопоставлены с данными других исследователей.</p>
		<p>5.2 Выводы диссертации являются новыми?  1) <u>полностью новые</u></p>	<p>Выводы и заключения, полученные в диссертационной работе, являются новыми.</p> <p>На основании проведенного анализа научно-технической литературы предложена классификация теплообменных и пылеулавливающих аппаратов, обоснован выбор объектов исследований - одноступенчатого двухзонного и двухступенчатых газоочистных аппаратов с регулярно размещенной насадкой, а также осуществлена постановка задач исследований.</p> <p>На основании проведенных лабораторных исследований гидродинамики, теплообменных характеристик и пылеулавливания получены основные расчетные уравнения для аппарата с двухсторонним подводом газового потока, двухступенчатых аппаратов ударно-вихревого и циклонно-вихревого действия.</p> <p>Разработаны рекомендации по</p>

			эксплуатации и проектированию разработанных аппаратов, а также приведены достигнутые показатели при внедрении двухступенчатых аппаратов ударно-вихревого и циклонно-вихревого действия в технологических схемах очистки газов на АО «Актюбинский завод хромовых соединений».
		5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными: 1) <u>полностью новые</u>	Технические и технологические решения, используемые для достижения поставленной задачи, являются новыми, так как подтверждены патентами РК. Обоснованность принятых решений подтверждается результатами лабораторных исследований и промышленных испытаний, которые показали снижение энергозатрат на проведение процессов и значительное повышение эффективности в процессах абсорбции и пылеулавливания.
6.	Обоснованность основных выводов	Все основные выводы основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы	Полученные соискателем научные результаты, а также сделанные выводы, имеют как теоретическую, так и практическую значимость. На основании этого можно констатировать, что поставленные соискателем цели в диссертационном исследовании достигнуты, а задачи полностью выполнены. Выводы, сделанные докторантом на основе полученных научных результатов, логически построены и с научной точки зрения могут быть признаны обоснованными.
7.	Основные положения, выносимые на защиту	Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности: 7.1 Доказано ли положение? 1) доказано; 2) скорее доказано; 3) скорее не доказано; 4) не доказано 7.2 Является ли тривиальным? 1) да; 2) нет 7.3 Является ли новым? 1) да; 2) нет	Научные положения, выносимые на защиту, включают: Классификацию одноступенчатых и двухступенчатых теплообменников и пылеулавливающих аппаратов, основанную на анализе механизмов взаимодействия газа и жидкости и их совмещении. Уравнения для расчета основных гидродинамических характеристик, параметров теплообмена и пылеулавливания, полученные для одноступенчатого аппарата с двухсторонним подводом газа,

		<p>7.4 Уровень для применения:  1) узкий;  2) средний;  3) широкий</p> <p>7.5 Доказано ли в статье?  1) да;  2) нет</p>	<p>двухступенчатых аппаратов ударно-вихревого и циклонно-вихревого действия.</p> <p>Математические модели турбулентного и диффузионного осаждения частиц в насадочной зоне аппаратов и зоне ударного взаимодействия потоков.</p> <p>Математическую модель центробежного и инерционного осаждения частиц в циклонной ступени аппарата.</p> <p>7.1 Доказано ли положение?  1) <u>доказано</u></p> <p>7.2 Является ли тривиальным?  2) <u>нет</u></p> <p>7.3 Является ли новым?  1) <u>да</u></p> <p>7.4 Уровень для применения:  3) <u>широкий</u></p> <p>7.5 Доказано ли в статье?  1) <u>да</u></p>
8.	<p>Принцип достоверности  Достоверность источников и предоставляемой информации</p>	<p>8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана  1) <u>да</u></p>	<p>Поставленные в диссертационной работе задачи связаны с проведением исследований таких параметров, как гидравлическое сопротивление, количество удерживаемой жидкости, коэффициенты массоотдачи в газовой фазе, коэффициенты теплоотдачи, общая и фракционная эффективность пылеулавливания. Методология таких исследований достаточно подробно описана. Можно отметить также, что эксперименты проводились в соответствии с «Законом об обеспечении единства измерений», класс точности приборов соответствует данным исследованиям.</p>
		<p>8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий:  1) <u>да</u></p>	<p>Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований. Гидравлическое сопротивление аппарата измерялось дифференциальным и чашечным манометром. В некоторых случаях использовался наклонный микроманометр.</p> <p>Для исследования коэффициентов массоотдачи в газовой фазе была использована хорошо зарекомендовавшая себя методика адиабатического испарения воды в</p>


			<p>воздух. Для исследования коэффициентов теплоотдачи использовалась методика, основанная на измерении поля температур. В проводимых экспериментах по определению общей эффективности пылеулавливания использовали метод внутренней фильтрации с аллонжами, а при изучении фракционной эффективности использован семиступенчатый импактор со сдвоенными ступенями. Интерпретация полученных экспериментальных данных проводилась с применением компьютерных технологий.</p>
		<p>8.3 Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием (для направлений подготовки по педагогическим наукам результаты доказаны на основе педагогического эксперимента): 1) <u>да</u></p>	<p>Выявленные закономерности вихревого взаимодействия газа и жидкости в объеме насадочных зон исследуемых аппаратов (пластинчатая и трубчатая насадка) подтверждены экспериментальными исследованиями гидравлического сопротивления, количества удерживаемой жидкости, коэффициентов массоотдачи в газовой фазе, теплоотдачи и эффективности пылеулавливания. Закономерности движения теплоносителя внутри труб отражают потери давления на трение и местные сопротивления, что учитывается полученным расчетным уравнением. Вывод уравнения для расчета коэффициентов массоотдачи в газовой фазе основан на первом законе Фика, теории локально-изотропной турбулентности Колмогорова-Обухова и диссипативном подходе, а для получения уравнения для расчета коэффициентов теплоотдачи использована аналогия Льюиса. Математическое описание турбулентного и диффузионного осаждения твердых частиц в зоне удара и регулярно размещенной насадки получено на основе турбулентно-диффузионного механизма улавливания твердых частиц на каплях жидкости. Математическая модель центробежного и инерционного осаждения частиц разработана на</p>



			основе центробежно-инерционного механизма улавливания твердых частиц.
		8.4 Важные утверждения <u>подтверждены</u> ссылками на актуальную и достоверную научную литературу	Все утверждения, полученные на основе результатов выполняемой работы, подтверждены ссылками на актуальную научную литературу. При этом полученные в работе результаты сопоставляются в сравнении с известными в научной литературе данными.
		8.5 Используемые источники литературы достаточны для литературного обзора	Количество использованных источников литературы достаточны для проведенного литературного обзора и ссылок на литературу при выводе расчетных уравнений. Всего в диссертационной работе использовано 120 источников. Литературные источники включают статьи из журналов, рекомендованных КОКСНВО МН и ВО РК и зарубежных научных журналов, входящих в базу данных Web of Science и Scopus. Кроме того, имеются ссылки на патенты, монографии, учебники, статьи из материалов международных конференций.
9.	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) <u>да</u>	Диссертация имеет теоретическое значение, так как разработана классификация одноступенчатых и двухступенчатых теплообменников и пылеулавливающих аппаратов, а также методики расчета исследуемых аппаратов, включающих уравнения для определения гидродинамических и теплообменных характеристик и параметров пылеулавливания.
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) <u>да</u>	Практическое значение диссертации заключается в получении патентов РК на аппарат ударно-вихревого действия с двухсторонним подводом газового потока, двухступенчатых аппаратов ударно-вихревого и циклонно-вихревого действия, разработанных инженерных методиках их расчета, рекомендаций по проектированию и эксплуатации. Кроме того, двухступенчатые аппараты ударно-вихревого и циклонно-вихревого действия внедрены в производствах окиси хрома и сульфата хрома на АО

			«Актюбинский завод хромовых соединений».
		9.3 Предложения для практики являются новыми? 1) <u>полностью новые</u>	Предложения для практики, заключающиеся в предоставлении материалов для проведения проектных работ (рекомендации по проектированию и эксплуатации, инженерные методики расчета) и для изготовления исследованных теплообменников и пылеулавливающих аппаратов, использующих наиболее эффективные механизмы взаимодействия потоков, являются полностью новыми.
10.	Качество написания и оформления	Качество академического письма: 1) <u>высокое</u>	Диссертационная работа характеризуется высоким качеством академического письма. Оформление работы соответствует общим требованиям, относящимся к диссертационным работам на соискание степени «доктора философии» (PhD).
Представленная диссертация отвечает требованиям Комитета по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования МН и ВО РК. Считаю возможным ходатайствовать перед Комитетом для присуждения докторанту Абжапбарову А.А. степени доктора философии (PhD)			

Рецензент:  
Кандидат технических наук,  
доцент кафедры  
«Технологические машины  
и оборудование» Ферганского  
политехнического института

 А.А. Ахунбаев

02.05.2023

Подпись А. Ахунбаева заверяю:

Проректор по научной работе  
и инновациям,  
д.т.н., профессор



З.А. Хамракулов